

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерно-технологічний
Кафедра енергетики та електротехнічних систем

До захисту
Допускається
В.о. завідувача кафедри

Олександр ЮРЧЕНКО

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за магістерським рівнем вищої освіти

На тему: «Дослідження особливостей використання відновлювальних джерел енергії для забезпечення виконання технологічних процесів ТОВ «Контакт-Плюс» смт. Вороніж, Шосткинського району Сумської області»

Виконав

(підпис)

Євген РЕДЬКО

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Група:

ЕТЕС 2401м

Науковий керівник:

(підпис)

Андрій ЧЕПІЖНИЙ

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Рецензент:

(підпис)

Олена ДОВЖИК

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерно-технологічний

Кафедра енергетики та електротехнічних систем

Ступінь вищої освіти «Магістр»

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

енергетики та електротехнічних систем

Андрій ЧЕПІЖНИЙ

«5» вересня 2024 року

З А В Д А Н Н Я

на кваліфікаційну роботу

Євген РЕДЬКО

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

1. Тема кваліфікаційної роботи: Дослідження особливостей використання відновлювальних джерел енергії для забезпечення виконання технологічних процесів ТОВ «Контакт-Плюс» смт. Вороніж, Шосткинського району Сумської області.

2. Керівник кваліфікаційної роботи: Чепіжний Андрій Володимирович, кандидат технічних наук, доцент.

3. Строк подання здобувачем роботи: «14» листопада 2025 року.

4. Вихідні дані до роботи: паспортні дані обладнання сонячних електростанцій, правила улаштування електроустановок, правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів, нормативні документи для проведення досліджень, стандарти.

5. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Вступ. 1. Аналіз особливостей організації технологічних процесів на підприємстві. 2. Особливості використання ВДЕ в якості джерела електроенергії для молочно-товарної ферми. 3. Реалізація сонячної електростанції для забезпечення технологічних процесів на молочно-товарній фермі підприємства. 4. Охорона праці. 5. Техніко-економічне обґрунтування. Висновки та пропозиції. Список використаних джерел. Додатки.

6. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: Презентація

Керівник роботи:

(підпис)

Андрій ЧЕПІЖНИЙ

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Завдання прийняв до виконання

(підпис)

Євген РЕДЬКО

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Дата отримання завдання «5» вересня 2024 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів	Примітка
1	Збір інформації про підприємство та метеорологічні умови району проектування	до 02.08.2025 р.	
2	Аналіз літературних джерел з обраної тематики	до 16.08.2025 р.	
3	Складання плану роботи	до 21.08.2025 р.	
4	Написання вступу	до 24.08.2025 р.	
5	Підготовка розділу «Розділ 1. Аналіз особливостей організації технологічних процесів на підприємстві»	до 30.08.2025р.	
6	Підготовка розділу «Розділ 2. Особливості використання ВДЕ в якості джерела електроенергії для молочно-товарної ферми»	до 19.09.2025 р.	
7	Підготовка розділу «Розділ 3. Реалізація сонячної електростанції для забезпечення технологічних процесів на молочно-товарній фермі підприємства»	до 03.10.2025 р.	
8	Підготовка розділу «Розділ 4. Охорона праці»	до 08.10.2025 р.	
9	Підготовка розділу «Розділ 5. Техніко-економічне обґрунтування»	до 20.10.2025 р.	
10	Написання висновків та пропозицій	до 25.10.2025 р.	
11	Подання роботи на перевірку унікальності до експертної ради факультету	до 01.11.2025 р.	
12	Подання роботи на рецензування	до 07.11.2025 р.	
13	Подання до попереднього захисту	до 14.11.2025 р.	

Керівник роботи:

(підпис)

Андрій ЧЕПІЖНИЙ
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Завдання прийняв до виконання

(підпис)

Євген РЕДЬКО
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

АНОТАЦІЯ

Редько Євген Михайлович «Дослідження особливостей використання відновлювальних джерел енергії для забезпечення виконання технологічних процесів ТОВ «Контакт-Плюс» смт. Вороніж, Шосткинського району Сумської області».

Кваліфікаційна робота на здобуття ступеня магістра електроенергетики, електротехніки та електромеханіки за освітньою програмою «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». Сумський національний аграрний університет, Суми, 2025.

В роботі проведено аналіз загальної діяльності ТОВ «Контакт-Плюс» смт. Вороніж, Шосткинського району Сумської області з визначенням основних технологічних процесів направлених на максимальне споживання електроенергії протягом доби. Визначено особливості споживання електроенергії та розраховано відсоток споживання відповідно до технологічного процесу доїння ВРХ. Виконано аналіз пікових режимів споживання електроенергії з аналізом основних технологічних процесів, що виконуються в даний період. Проведено аналіз основних відновлювальних джерел енергії відповідно до регіону використання та запропоновано найбільш ефективний варіант забезпечення електричною енергією від подібних джерел основного технологічного процесу.

Виконано розрахунок особливостей забезпечення технологічних процесів електроенергією від ВДЕ. При цьому визначено різні варіанти виробітку та забезпечення технологічних процесів.

Виконано розрахунок економічного обґрунтування забезпечення технологічного процесу для подолання «блекаутів» протягом трьох діб, з аналізом термінів окупності запропонованих рішень.

Ключові слова: сонячна панель, інтенсивність світла, струм, напруга, температура, сонячні промені, електроенергія, споживання електроенергії, відсоток забезпечення.

ABSTRACT

Redko Yevgeny Mykhailovych «Study of the features of the use of renewable energy sources to ensure the implementation of technological processes of LLC «Contact-Plus» in the town of Voronezh, Shostka district of Sumy region».

Qualification work for obtaining a master's degree in electrical power engineering, electrical engineering and electromechanics under the educational program «Electrical power engineering, electrical engineering and electromechanics» in specialty 141 «Electrical power engineering, electrical engineering and electromechanics». Sumy National Agrarian University, Sumy, 2025.

The work analyzes the general activities of LLC «Contact-Plus» in the town of Voronezh, Shostka district of Sumy region with the determination of the main technological processes aimed at maximum electricity consumption during the day. The features of electricity consumption are determined and the percentage of consumption is calculated in accordance with the technological process of milking cattle. An analysis of peak electricity consumption modes is performed with the analysis of the main technological processes performed during this period. The main renewable energy sources were analyzed according to the region of use and the most effective option for providing electricity from similar sources for the main technological process was proposed.

The features of providing technological processes with electricity from renewable sources were calculated. At the same time, various options for generating and providing technological processes were determined.

The economic justification for providing the technological process to overcome «blackouts» for three days was calculated, with an analysis of the payback periods of the proposed solutions.

Keywords: solar panel, light intensity, current, voltage, temperature, sunlight, electricity, electricity consumption, percentage of provision.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1 АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ОРГАНІЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ НА ПІДПРИЄМСТВІ.....	10
1.1 Загальна інформація про ТОВ «Контакт-Плюс».....	11
1.2 Аналіз основних технологічних процесів ТОВ «Контакт-Плюс».....	12
1.3 Аналіз основних джерел відновлювальної енергетики для забезпечення виконання технологічних процесів.....	16
Висновки до розділу.....	19
2 ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ВДЕ В ЯКОСТІ ДЖЕРЕЛА ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ДЛЯ МОЛОЧНО-ТОВАРНОЇ ФЕРМИ.....	20
2.1 Особливості використання сонячних електростанцій в умовах ТОВ «Контакт- Плюс».....	20
2.2 Особливості моделювання споживання електроенергії молочно-товарною фермою та виробітку електроенергії ВДЕ.....	22
2.3 Визначення оптимальних показників надійності систем електропостачання та енергозбереження.....	27
Висновки до розділу.....	29
3 РЕАЛІЗАЦІЯ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ НА МОЛОЧНО-ТОВАРНІЙ ФЕРМІ ПІДПРИЄМСТВА.....	30
3.1 Особливості встановлення сонячних панелей на будівлях молочно-товарної ферми.....	30
3.2 Визначення загальної потужності сонячної електростанції для молочно- товарної ферми ТОВ «Контакт-Плюс».....	32
3.3 Вибір обладнання для сонячної електростанції.....	36
Висновки до розділу.....	39
4 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	40
Висновки до розділу.....	41

5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ.....	42
Висновки до розділу.....	44
ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ.....	45
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	47
ДОДАТКИ.....	50

ВСТУП

Актуальність теми. Шосткинський район має доволі велику площу та потужний енергетичний комплекс. В результаті постійних бойових дій та обстрілами енергетики виникають ситуації фактично повного «блекауту». Підприємствам різних напрямків доводиться шукати варіанти вирішення проблеми забезпечення електроенергією від різноманітних ВДЕ.

Для Сумської області найбільш прогресивним видом ВДЕ є використання сонячних електростанцій. При цьому великі господарства тваринницького спрямування дозволяють використовувати для отримання електричної енергії через використання біогазових установок. При цьому обов'язковою умовою є забезпечення необхідної кількості та якості сировини для її роботи, що для більшості невеликих господарств зробити досить важко.

Виходячи з цього найбільш кращою альтернативою залишається сонячна енергетика. При цьому сонячні електростанції мають доволі велику кількість проблем, що пов'язані з низькою інсоляцією в регіоні та значною нерівномірністю виробітку електроенергії протягом доби.

Особливо проблемним є ефективне забезпечення електроенергією технологічних процесів в зимовий період року. При цьому виробіток електричної енергії є низьким і відповідно для забезпечення технологічного процесу необхідно значно збільшувати потужність сонячної електростанції. В результаті подібного збільшення в літні періоди року спостерігається значний ріст виробітку електроенергії, яка фактично не використовується в технологічному процесі. Виходячи з цього її можна продавати в електричну мережу за «зеленим» тарифом або перерозподіляти між іншими технологічними процесами на підприємстві.

Відповідно до цього, в складних умовах сьогодення, дослідження використання ВДЕ для забезпечення ефективної роботи всіх технологічних процесів на підприємствах є доволі актуальним питанням, що потребує уваги науковців та відповідно проведення подальших досліджень.

Аналіз стану наукової розробки проблеми. Забезпечення технологічних процесів підприємства електроенергією під час виникнення «блекаутів» потребує доволі серйозного дослідження в умовах Сумської області, яка постійно знаходиться під обстрілом. Забезпечення необхідного рівня виконання технологічного процесу підприємства залишається доволі проблемним питанням з точки зору наукових досліджень. Подібна ситуація виникає через значну вартість відновлювальних джерел енергії та низьку підтримку держави. Основні наукові дослідження залишаються актуальними для вітчизняних та зарубіжних науковців через фінансування на замовлення та фінансування підприємців. Особливої уваги це набуває в умовах нестабільності електропостачання та неякісних показників електроенергії в мережі.

Мета та задачі досліджень. Дослідження питання використання ВДЕ для забезпечення ефективного виконання технологічних процесів підприємства в умовах Сумської області.

Для вирішення питання мети необхідною умовою є виконання задач дослідження:

1. Виконати аналіз основних технологічних процесів, що споживають максимальну кількість електроенергії на підприємстві.
2. Визначити основні можливі напрямки ВДЕ для забезпечення виконання основних технологічних процесів на підприємстві.
3. Визначити особливості споживання електроенергії технологічними процесами підприємства та визначити можливість забезпечення електроенергією від ВДЕ.
4. Виконати розрахунок основних параметрів сонячної електростанції для вимог підприємства
5. Виконати техніко економічне обґрунтування запропонованих рішень.

Об'єкт дослідження. Об'єктом дослідження є технологічні процеси молочно-товарної ферми ТОВ «Контакт-Плюс» Шосткинського району Сумської області.

Предмет дослідження. Предметом дослідження є споживання електроенергії технологічними процесами на молочно-товарній фермі ТОВ «Контакт-Плюс» з аналізом можливого забезпечення електроенергією від сонячної електростанції.

Завдання дослідження. Основним завданням дослідження є визначення можливого рівня забезпечення електропостачання технологічного процесу від джерел відновлювальної енергетики, що є доступними та ефективними в умовах Сумської області.

Методи дослідження. Для проведення дослідження використовувались статистичні, ймовірнісні та математичні методи проведення дослідження.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота містить 5 розділів, 3 додатків, 10 таблиць, 5 рисунків, 27 джерел.

Наукова новизна роботи. В роботі вперше розрахована можливість забезпечення електричною енергією технологічних процесів підприємства. При цьому запропоновано різні можливі варіанти забезпечення електроенергією.

Практичне значення одержаних результатів полягає в наданні рекомендацій по вибору джерела електроенергії для молочно-товарної ферми підприємства.

1 АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ОРГАНІЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ НА ПІДПРИЄМСТВІ

1.1 Загальна інформація про ТОВ «Контакт-Плюс»

Підприємство ТОВ «Контакт-Плюс» є сільськогосподарським підприємством, що спеціалізується на виробництві продукції рослинництва та продукції тваринництва.

Підприємство розташоване в с. Вороніж, Шосткинського району. Центральна садиба підприємства розташовується по вулиці Героїв України. Тут же розташовується машино-тракторний двір та відповідно частина виробничих потужностей.

Загалом основним виробничим напрямком ТОВ «Контакт-Плюс» є вирощування різноманітних зернових культур. В якості додаткового напрямку діяльності підприємства є тваринництво. При чому напрямки тваринництва в основному направлені на утримання ВРХ з молочним напрямком та відповідно м'ясного напрямку (свиноферма, ВРХ та буйволи). Загальне розміщення території господарства на карті наведено на рисунку 1.1.

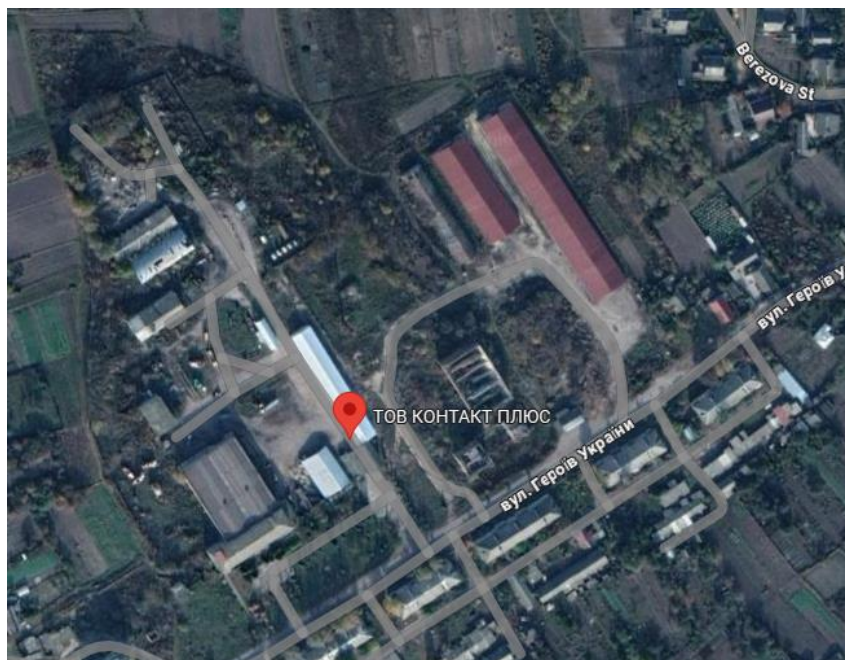


Рисунок 1.1 – Загальне розміщення території господарства на карті

Як видно з рисунку 1.1 територія господарства носить більш компактний характер. Всі основні об'єкти господарювання знаходяться за даною юридичною адресою. Виключення становлять ферми ТОВ «Контакт-Плюс» адже вони відповідно до санітарних норм розміщуються на околиці с. Вороніж.

Додатково господарство також займається виробництвом харчових продуктів, основне місце з яких займає олія з насіння соняшнику та відповідно виробництво борошняних виробів.

Живлення всіх об'єктів ТОВ «Контакт-Плюс» виконано від підстанції «Вороніж», що працює на напругах 110/35/10 кВ. Дана підстанція знаходиться у власності АТ «Сумиобленерго». Дана підстанція оснащена двома трансформаторами з встановленою потужністю 10 МВА кожен.

Живлення всіх об'єктів ТОВ «Контакт-Плюс» виконано за допомогою ліній електропередачі, які є фактично повітряними. На сьогодні виконано заміна всіх проводів лінії на СІП. Загальна протяжність лінії електропередачі для забезпечення живлення підприємства складає 6 км.

1.2 Аналіз основних технологічних процесів ТОВ «Контакт-Плюс»

Оскільки основним напрямком діяльності підприємства є рослинництво та тваринництво, то відповідно до цього можна визначити основні технологічні процеси, що проходять на підприємстві.

Відповідно до цього в основними процесами, в рослинництві з використанням електроенергії є:

- Підготовка насіння до посіву. Для проведення даного заходу використовуються спеціальні калібрувальні машини та вібраційні столи. Дана операція відбувається фактично з виконанням післязбирального обробітку зерна.

- Післязбиральний обробіток зерна. Для проведення післязбирального обробітку зерна використовуються в господарстві сушарки, що з одного боку споживають теплову енергію та електроенергію для приводу вентиляторів і іншого обладнання.

- Зберігання зерна. Для проведення зберігання доволі часто використовують різноманітні сховища з вентиляційними установками. В ТОВ «Контакт-Плюс» зберігання зерна відбувається насипом в спеціальних ангарах. Протягом зберігання виконують його перемішування для контролю якості. При цьому більшу частину зерна (окрім посівного) відправляють на продаж, а отже на зберіганні знаходиться дуже мала кількість зерна.

Виходячи з проведеного аналізу, бачимо, що в рослинництві в першу чергу спостерігається певна сезонність і відсутність значного споживання електроенергії протягом року. В періоди збирання врожаю фактично достатньо електроенергії для виконання всіх процесів.

Іншим напрямком діяльності підприємства є тваринництво. Відповідно до цього основними процесами, що проходять з використанням електроенергії є:

1. Молочне скотарство:

- Доїння ВРХ. Одним з процесів, що найбільше споживають електроенергію протягом доби є доїння молочного поголів'я ВРХ. При цьому доїння корів відбувається в різні періоди року по різному. В літні періоди три рази на день, а в зимові два рази на день. При цьому все доволі сильно залежить від кормової бази.

- Охолодження та зберігання молока. Наступним доволі великим процесом в споживанні електроенергії є відповідно охолодження молока після доїння та подальше його зберігання. Молоко зберігається на фермі до моменту, коли його транспортують на молокозаводи. Відповідно даний процес відбувається фактично цілодобово.

- Підтримання мікроклімату в приміщенні. Для підтримання мікроклімату в приміщенні використовуються спеціальні вентиляційні установки, що виводять вологу з приміщення ферми. При цьому обігрів приміщень відсутній, адже обігрів приміщення виконується від тепла виділеного тваринами.

2. М'ясне скотарство.

- Підтримання мікроклімату в приміщенні. Для підтримання мікроклімату в приміщенні використовуються спеціальні вентиляційні установки, що

виводять вологу з приміщення ферми. При цьому обігрів приміщень відсутній, адже обігрів приміщення виконується від тепла виділеного тваринами.

Всі інші процеси на фермах ТОВ «Контакт-Плюс» відбуваються з використанням різноманітних транспортних засобів, що не використовують електроенергії для роботи.

Виходячи з проведеного аналізу можна зробити висновок, що найбільшим споживачем електричної енергії ТОВ «Контакт-Плюс» є відповідно молочно-товарна ферма з пунктом охолодження та зберігання молока. Для подальшого аналізу проведемо визначення основних піків споживання електроенергії з вказанням основних процесів, що відбуваються в даний період. Загальна характеристика споживання електроенергії молочно-товарною фермою наведена в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Опис особливостей споживання електроенергії молочно-товарною фермою протягом доби

Час доби	Процес	Основне обладнання впливу на споживання електроенергії
04:00 – 08:00	Перший пік доїння (ранкове доїння)	Максимальне значення навантаження та споживання електроенергії в ранковий час. Спостерігається одночасна робота вакуумних насосів доїльної зали, молочні насоси та компресори холодильних установок. Холодильні установки працюють в максимальному режимі охолоджуючи великі об'єми гарячого молока.
08:00 – 16:00	Зберігання молока та фонове споживання електроенергії освітленням та установками підтримання мікроклімату	Фонове споживання електроенергії утворюється за рахунок установок підтримання мікроклімату в приміщенні ферми, освітлювальних установок та установки для видалення гною. Фонове навантаження також є нестабільним і залежить від режиму роботи ферми. Основне споживання електроенергії припадає на роботу холодильного обладнання, що підтримує стабільну температуру молока.
16:00 – 20:00	Другий пік доїння (вечірнє доїння)	Максимальне значення навантаження та споживання електроенергії в вечірній час. Спостерігається одночасна робота вакуумних насосів доїльної зали, молочні насоси та компресори холодильних установок. Холодильні установки працюють в максимальному режимі охолоджуючи великі об'єми гарячого молока.
20:00 – 04:00	Нічне споживання	Мінімальне значення навантаження та споживання електроенергії. При цьому постійно працюють системи вентиляції та фактично холодильні установки, а за умови підтримання необхідної температури охолодженого молока вони працюють періодично.

Виходячи з цього (таблиця 1.1) спостерігаємо фактично два піки значного зростання навантаження та відповідно споживання електроенергії. Основною особливістю є те, що фактично дане споживання припадає на темні періоди доби, а отже подібну особливість необхідно враховувати при проектуванні електропостачання від альтернативних джерел енергії. Для більшого розуміння основних пікових навантажень за добу на молочно-товарній фермі наведемо відсоткове значення споживання електроенергії на рисунку 1.2.

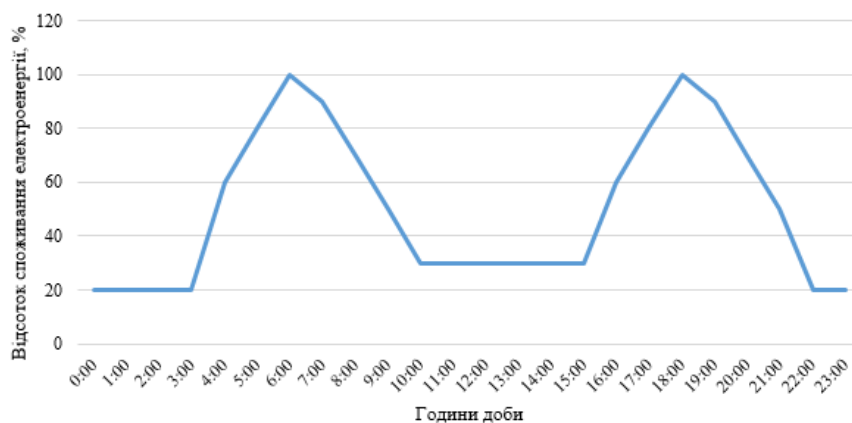


Рисунок 1.2 – Графік споживання електроенергії в відсотках

Для проведення розрахунку необхідною умовою є визначення саме кількості електроенергії молочно-товарною фермою. Відповідно до цього необхідно виконати вибір та розрахунок ВДЕ, що забезпечить живлення всього обладнання молочно-товарної ферми. Основні дані наведемо для ферми ВРХ ТОВ «Контакт-Плюс» в розрахунку на 500 голів молочно-стада ВРХ та зведемо їх таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Показники споживання електроенергії молочно-товарної ферми на 500 голів

Показник опису	Орієнтовне значення споживання електроенергії на добу, кВт·год/добу	Річне споживання електроенергії на 1 голову ВРХ молочно-стада, кВт·год/голова/рік	Загальне споживання електроенергії молочно-товарною фермою за рік, кВт·год/рік
1	2	3	4
Мінімальне споживання електроенергії за умови пасовищного утримання тварин	550-685	400-500	200000-250000

Продовження таблиці 1.2

1	2	3	4
Середнє споживання електроенергії за умови інтенсивного утримання тварин	820-1100	600-800	300000-400000
Високе споживання електроенергії за умови замкнутого утримання тварин	1100-1370	800-1000	400000-500000

Відповідно до таблиці 1.2 можна зробити висновок, що споживання електроенергії молочно-товарною фермою доволі сильно залежить від способу утримання тварин. При цьому протягом року також спостерігається значне коливання споживання електроенергії.

Відповідно в ТОВ «Контакт-Плюс» в літні періоди доби використовують пасовищне утримання з мінімальним споживанням електроенергії, а в зимові місяці використовують замкнуте утримання тварин з максимальним значенням споживання електроенергії. Подібну особливість необхідно враховувати при розрахунках джерела ВДЕ.

1.3 Аналіз основних джерел відновлювальної енергетики для забезпечення виконання технологічних процесів

Відповідно до розуміння особливостей утримання тварин, споживання електроенергії та інших процесів, необхідно виконати аналіз особливостей використання ВДЕ, що можна використовувати для забезпечення живлення електроенергією основного технологічного процесу ТОВ «Контакт-Плюс».

Необхідно зазначити, що в першу чергу вибір джерела доволі сильно залежить від місця географічного розташування молочно-товарної ферми. Також доволі сильно спостерігається залежність від споживання електроенергії, енергопостачання та наявності певної кількості органічних відходів.

Необхідно зазначити, що найбільш ефективними ВДЕ в плані використання на молочно-товарній фермі є сонячна енергетика та біоенергетика.

Сонячна енергетика представлена встановленням сонячних панелей, а відповідно біоенергетика потребує встановлення біогазової установки.

Для здійснення подальшого вибору найбільш ефективного джерела живлення молочно-товарної ферми від ВДЕ пропонується провести аналіз основних їх видів. До таких видів належать сонячні електростанції, біогазові установки та вітроустановки.

З більшості літературних джерел, можна зробити висновок, що найбільш ефективним джерелом ВДЕ для живлення молочно-товарної ферми є сонячна електростанція. Основні переваги та недоліки її використання для молочно-товарної ферми наведено в таблиці 1.3. Для порівняння обираємо мережеву та гібридну електростанції.

Таблиця 1.3 – Опис сонячної енергетики для молочно-товарної ферми

Характеристика	Мережева сонячна електростанція (On-Grid)	Гібридна сонячна електростанція (Hybrid)
Основне призначення	Зменшення витрат на електроенергію, з можливістю продажу надлишку за «зеленим» тарифом	Забезпечення безперебійного живлення обладнання ферми (доїльних апаратів, охолоджувачів молока). та оптимізації споживання
Особливості споживання електроенергії	Покриття денного споживання електроенергії на охолодження молока та вентиляцію	Покриття цілодобового споживання за критичних піків навантаження. Забезпечується з використання акумуляторів
Основні переваги	Простота монтажу, низька експлуатаційна вартість та найшвидша окупність	Високі показники надійності, захист обладнання від перепадів напруги та можливість використання в нічний час
Основні недоліки	Не працює за умови відключення загальної електромережі без спеціального інвертора	Висока початкова вартість через необхідність використання акумуляторів. Відповідно до цього виникають затрати на обслуговування та можливу їх заміну
Доцільність використання для молочно-товарної ферми	Висока. Використовується для забезпечення денної роботи всього обладнання молочно-товарної ферми особливо в літні місяці	Критична. Використовується для гарантованого здійснення живлення всього обладнання протягом часу доби

Виходячи з проведеного аналізу (таблиця 1.3) бачимо певну особливість в використанні різних типів сонячних електростанцій. Необхідно зазначити, що в умовах постійних обстрілів енергетики виникає певна особливість живлення всіх об'єктів. При цьому на наш погляд найбільш ефективною при використанні в

умовах ТОВ «Контакт-Плюс» є саме гібридна сонячна електростанція, що дозволить використовувати можливість цілодобового забезпечення працездатності обладнання молочно-товарної ферми, навіть за умови відсутності електропостачання мережі.

Наступним не менш важливим джерелом ВДЕ, що можна використовувати в якості джерела електропостачання молочно-товарної ферми є використання біогазової установки. Особливості її використання для молочно-товарної ферми розглянуто нами в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Загальний опис особливостей використання біогазової установки для живлення молочно-товарної ферми

Характеристика	Біогазова установка
Основне джерело палива	Гній ВРХ, відходи від кормів (силос, жом, солома).
Виробіток електроенергії	Виробіток електроенергії здійснюється когенераційною установкою з виділенням теплової енергії для можливих потреб обігріву різних приміщень
Переваги	Цілодобовий виробіток електроенергії, що немає залежності від погодних умов. Екологічний ефект від утилізації гною з ферми з подальшою його переробкою для отримання високоякісних добрив (дигестату).
Недоліки	Початкова вартість проведення будівництва біогазової установки є доволі великою. При експлуатації потребує доволі великої кількості обслуговуючого персоналу. Має доволі велику чутливість до складу сировини (палива).
Доцільність використання для молочно-товарної ферми	Висока. Використання найбільш доцільне для великих ферм з кількістю голів (800-1000 голів). Дані установки мають замкнутий цикл роботи.

З проведеного аналізу (таблиця 1.4) необхідно зауважити, що використання біогазової установки є фактично доцільним для тваринницьких комплексів, де великий вихід гною та постійна його стабільність протягом часових проміжків. Основне застосування біогазової установки є утилізація відходів, що супроводжується виробництвом електроенергії та певною кількістю теплової енергії.

Фактично останнім джерелом ВДЕ, що може застосовуватись для реалізації живлення різноманітних об'єктів є вітроустановки. Загальний опис та особливості використання вітроустановок розглянуто в таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 – Загальний опис особливостей використання вітроустановки для живлення молочно-товарної ферми

Характеристика	Малогабаритні вітроустановки
Призначення	Вітроустановки використовуються в якості додаткового джерела живлення, особливо в нічний час та в зимову пору року.
Ефективність	Ефективність може бути низькою через необхідність сталого значення середньорічної швидкості вітру. Відповідно до особливостей вітроустановок необхідна швидкість вітру з значеннями не менше 5-6 м/с.
Переваги	За умов наявності стабільної швидкості вітру може працювати цілодобово
Недоліки	Високий рівень шуму з потребою великих стаціонарних зон. При цьому вітроустановки мають доволі великі значення експлуатаційних витрат та великі терміни окупності в регіонах з низькими швидкостями вітру
Доцільність використання для молочно-товарної ферми	Низька. Вітроустановка може використовуватись фактично в якості допоміжного джерела живлення за умов наявності необхідних швидкостей вітру для стабільної роботи

Виходячи з даних таблиці 1.5 спостерігаємо низьку ефективність використання вітроустановок для молочно-товарної ферми. При цьому ефективність використання їх є доволі низькою в порівнянні з попередніми варіантами ВДЕ. Відповідно до проведеного аналізу кожен з видів ВДЕ має певні свої особливості використання, що можуть значно знижувати їх характеристики. При цьому доволі часто використовують різноманітні комбінації даних джерел ВДЕ, що відповідно забезпечує більшу стабільність їх роботи за добу.

Висновки до розділу

Молочно-товарна ферма є доволі специфічним та складним споживачем електроенергії, що має доволі нестабільне споживання протягом доби. Основною особливістю, є те, що споживання електроенергії відбувається саме в ранкові та вечірні періоди. Всі ВДЕ мають значну специфіку роботи, що може значно обмежити їх використання. З проведеного аналізу можна зробити висновок, що найбільш ефективними є сонячні електростанції та біогазові установки. При цьому основним обмеженням використання біогазових установок є необхідність великих обсягів гною, а отже вони ефективні для великих тваринницьких комплексів.

2 ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ВДЕ В ЯКОСТІ ДЖЕРЕЛА ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ДЛЯ МОЛОЧНО-ТОВАРНОЇ ФЕРМИ

Виходячи з проведеного аналізу в першому розділі найбільш ефективним ВДЕ для живлення молочно-товарної ферми є саме сонячна електростанція. При цьому вітроустановки мають низьку ефективність їх використання, а отже використовувати їх неефективно. Використання біогазової установки обмежене фактично низькою кількістю сировини для забезпечення ефективної її роботи. Для ефективного використання біогазової установки та отримання економічного необхідно велике поголів'я тварин (від 800 голів ВРХ). Відповідно до невеликої чисельності поголів'я в ТОВ «Контакт-Плюс» (до 500 голів ВРХ) побудова біогазової установки є неефективною.

Відповідно до цього для забезпечення живлення молочно-товарної ферми найбільш доцільно використовувати сонячні електростанції, а отже подальші дослідження пропонується провести саме для них.

2.1 Особливості використання сонячних електростанцій в умовах ТОВ «Контакт-Плюс»

Основною особливістю використання сонячних електростанцій в ТОВ «Контакт-Плюс» є географічне розташування господарства. Географічне розташування підприємства дозволяє визначити кількість сонячної радіації регіону для розрахунку ефективності роботи сонячних панелей.

Відповідно до того, що смт Вороніж розташоване у північній частині Сумської області та безпосередній близькості до м. Шостка то для проведення розрахунків рекомендується обрати саме дані з метеорологічної станції, що розміщена в місті.

При визначенні рівня сонячної радіації, особливо в північній частині Сумської області необхідно враховувати особливість розміщення панелей під певним кутом, що є оптимальним для регіону.

Для порівняння пропонується виконати аналіз інсоляції на горизонтальну поверхню та на поверхню, що нахилена під оптимальним кутом для Шосткінського району. Для отримання максимального значення річної генерації електроенергії сонячною електростанцією рекомендовано орієнтування панелей в південному напрямку під оптимальним кутом для даного регіону. Оптимальне значення кута для Шосткінського району становить 35-40° для стаціонарних сонячних електростанцій.

Відповідно до цього нами отримана середньодова кількість сонячного регіону наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Значення середньодобової сонячної радіації Шосткінського району

Місяць	Значення інсоляції на горизонтальну поверхню, кВт·год/м ²	Значення інсоляції на оптимально нахилену поверхню, кВт·год/м ²
Січень	0,80	1,30...1,60
Лютий	1,30	2,10...2,40
Березень	2,50	3,50...3,90
Квітень	3,80	4,50...4,90
Травень	4,80	5,00...5,40
Червень	5,20	5,30...5,70
Липень	5,20	5,30...5,70
Серпень	4,40	4,80...5,20
Вересень	3,20	3,90...4,30
Листопад	1,00	1,40...1,80
Грудень	0,70	1,10...1,40
Середньорічне значення	2,90	3,50...4,00

З таблиці 2.1 видно, що кількість сонячної інсоляції не є значною в порівнянні з південними регіонами. При цьому необхідно зазначити, що Шосткінський регіон фактично розміщується в поліській кліматичній зоні, яка характеризується високою лісистістю, а отже спостерігаються також значні затінення сонячних панелей від дерев та інших перешкод.

При цьому необхідно також зазначити, що оптимальний кут розміщення сонячних панелей в залежності від пори року несе змінний характер, а отже використовують фактично декілька значень. При цьому за умови балансу між

літнім та зимовим періодами значення оптимального фіксованого кута знаходиться в межах 35-40°. А за умови покриття високого значення споживання електроенергії в зимовий період рекомендується виконати збільшення оптимального фіксованого кута до величини 55-65°. Подібне збільшення приведе до зростання виробітку електроенергії в зимовий період року.

Відповідно до цього для подальших розрахунків пропонується обрати кут 60°, що дозволить отримувати максимальний вихід електроенергії саме в зимовий період, що характеризується максимальним значенням споживання електроенергії.

2.2 Особливості моделювання споживання електроенергії молочно-товарною фермою та виробітку електроенергії ВДЕ

Основною проблемою моделювання споживання електроенергії молочно-товарною фермою є певна невизначеність факторів. В першу чергу ці фактори пов'язані з особливостями утримання та певною сезонністю. Іншим фактором, що впливає на особливості споживання електроенергії є кількість тварин, що одночасно знаходяться в приміщенні ферми.

Протягом року кількість тварин, що знаходяться в приміщенні ферми значно коливається, а отже маємо і відповідне коливання споживання електроенергії фермою.

Відповідно до цього основною проблемою визначення споживання електроенергії є певна невизначеність основних параметрів. Відповідно до цього при моделюванні основних параметрів споживання електроенергії на фермі необхідне використання особливостей моделювання відповідно до теорії ймовірності. Для цього можна використовувати різноманітні методи кореляції даних та проведення порівняльного аналізу.

Для аналізу в часових проміжках доволі часто застосовують методи часових рядів, що характеризує певні зміну споживання електроенергії в часовому проміжку. Відповідно до методу часових рядів необхідно враховувати певні часові рівні, що відповідають моментам часу (хвилина, година, доба і т.д.).

Кожен з часових рівнів носить випадковий характер з відсутністю довільної зміни порідку параметрів. Виходячи з цього за ймовірністю може виникати одночасно декілька параметрів впливу на споживання. А отже в результаті виникнення такої ситуації спостерігається багатовимірність в визначенні параметрів споживання електроенергії в часових проміжках.

Відповідно до цього, застосування методу часових рядів забезпечується однорідним змістом з врахуванням особливостей аналізу споживання електроенергії. Недоліком даного методу є те, що отримані статистичні данні повинні порівнюватись з базою показників.

Також даний метод потребує повноти врахування даних аналізу, а отже потребує певного охоплення всіх параметрів явища. При цьому необхідною умовою є використання загальної методики для виконання розрахунку споживання електроенергії. В енергетиці подібна проблема виникає за умови проведення аналізу загальної потужності об'єкту.

Дещо іншою умовою для використання методу часових рядів та проведення аналізу є загальна однорідність виконання розрахунків на всіх етапах аналізу. Виходячи з цього даний метод дозволяє проводити якісну оцінку параметра з врахуванням часових проміжків обраних для аналізу.

Помилки даного методу загалом характеризуються виникненням певних аномальних значень. При цьому визначити реальність стрибків значень доволі складно.

Іншим методом проведення аналізу споживання електроенергії є метод регресії. Даний метод дозволяє провести аналіз різного роду зв'язків між різноманітними явищами, в тому числі і споживанням електроенергії. Якщо враховувати особливість споживання електроенергії молочно-товарною фермою то доцільно зауважити, що вона також має доволі велику кількість факторів, параметрів та різного роду чинників. Даний метод застосовується за умови проведення аналізу стохастичних залежностей заданих різноманітними величинами, що мають змінний характер.

Даний метод проводиться з врахуванням побудови певних рівнів регресії. Данні рівняння доволі гарно показують особливості зміни досліджуваного параметру. При цьому зміну параметру даний метод дозволяє закладати декілька різних параметрів. Відповідно при аналізі особливостей споживання електроенергії молочно-товарною фермою можна користуватись даним методом, який врахує всі особливості та фактори. Даний метод доволі часто характеризується парною регресією з параметрами двох змінних для формування математичної залежності.

Загалом для опису парної регресії можна скористатись основним рівнянням:

$$\bar{y} = f(x) \quad (2.1)$$

Для здійснення наведення характеристики зв'язків між явищами та процесами фактично можуть бути двох типів – лінійні та нелінійні. Відповідно до цього можна виконати опис даних типів зв'язків.

Лінійний тип зв'язку описується рівнянням:

$$\bar{y} = a_0 + a_1 \cdot x \quad (2.2)$$

де \bar{y} – параметр результату аналізу;

x – змінний показник (величина) аналізу;

a_0, a_1 – основні величини опису парних параметрів регресії.

Відповідно для подібного проведення аналізу доволі часто застосовують статистичні методи. Ці методи характеризуються певними рівнями врахування значущості загального процесу. Дані рівні дозволяють зрозуміти межу помилковості тієї чи іншої події.

Проведення аналізу споживання електроенергії спостерігається використанням рівня в 5%, а отже значення що не входять в даний параметр можуть характеризуватись помилковістю результатів.

При цьому найбільш точним є рівень 1%, що дає найбільшу точність та опис результатів аналізу. Для вибору необхідного рівня врахування надійності за певною ймовірністю використовуємо рівняння:

$$P = 1 - \alpha \quad (2.3)$$

де α – обраний рівень проведення аналізу.

Дане рівняння також здатне характеризувати точність з значеннями 0,95 та відповідно 0,99, що описують максимальні необхідні рівні надійності аналізу. Подібні рівні також можна використовувати при визнанні особливостей споживання електричної енергії молочно-товарною фермою. Необхідно зазначити, що в аналізі споживання електроенергії доволі часто застосовуються рівні 1, 5 та 10 %. Дані рівні дозволяють отримувати значення та відсіювати помилкове коливання показників. Даний метод є найбільш досконалий при проведенні аналізу споживання електроенергії.

Іншим методом є метод виконання порівняльного аналізу, що має одну з особливостей аналізу в часовому проміжку та в просторі.

Даний метод дозволяє отримати всю необхідну інформацію порівняльного аналізу процесі, а також дає можливість показати їх тенденцію подальшого розвитку.

Іншим методом проведення аналізу є метод кореляцій параметрів. При цьому даний метод забезпечує аналіз сукупності випадкових явищ. Для аналізу показників споживання електроенергії необхідною умовою є достатня чисельність параметрів аналізу. Кореляційний метод неможливо використовувати без застосування методу регресивного аналізу.

Загалом дані методи дозволяють навести відношення показника між певними явищами параметру для проведення аналізу. Параметри при цьому повинні мати практичне застосування в процесах споживання.

Також дані методи доволі часто використовують при проведенні аналізу виробітку електроенергії різними джерелами. Особливо даний метод знаходить

застосування при проведенні аналізу виробітку електроенергії від джерел відновлювальної енергетики.

Необхідною умовою моделювання процесів в енергетиці є визначення навантажень. Для проведення подібного аналізу доволі часто застосовують математичну модель, що ґрунтується на середніх максимумах аналізу. Відповідно для молочно-товарної ферми використання даного методу описується рівнянням:

$$P_{\text{макс}} = \bar{K}_{\Pi 1} \cdot P_{\text{уст1}} + \bar{K}_{\Pi 2} \cdot P_{\text{уст2}} + \dots + \bar{K}_{\Pi n} \cdot P_{\text{устn}} \quad (2.4)$$

де $\bar{K}_{\Pi 1}, \bar{K}_{\Pi 2}, \dots, \bar{K}_{\Pi n}$ – значення ймовірності певних параметрів впливу;

$P_{\text{уст1}}, P_{\text{уст2}}, \dots, P_{\text{устn}}$ – величина, що характеризує обладнання за параметром потужності.

Для проведення опису навантаження обладнання доволі часто використовують закони розподілу, що несуть бінормальний характер. Ці данні описуються рівнянням:

$$\bar{P}_{r(m,n)\Sigma} = \sum_0^m \frac{n!}{m!(n-m)} K_{\Pi}^m (1 - K_{\Pi})^{n-m} \quad (2.5)$$

розподіл загальних параметрів навантаження молочно-товарної ферми фактично відповідає нормальним законам виконання розподілу. Відповідно для визначення максимальних параметрів розподілу використовують рівняння:

$$P_{\text{макс}} = \bar{P}_{\text{макс}} + t \cdot \sigma \quad (2.6)$$

де $\bar{P}_{\text{макс}}$ – середня величина за максимальними навантаженнями;

t – відхилення густоти нормативного розподілу;

σ – середньоквадратичне значення розподілу.

Виходячи з проведеного аналізу загальне споживання електроенергії та навантаження обладнання молочно-товарної ферми можна визначати відповідно до даної методики. При цьому доволі частим є використання комбінованого методу проведення аналізу в залежності від відхилень від нормативних значень, що дозволяє уникати нерівномірність отриманих даних при аналізі.

2.3 Визначення оптимальних показників надійності систем електропостачання та енергозбереження

При використанні різноманітних систем електропостачання та енергозбереження необхідним параметром є забезпечення необхідних показників надійності, що забезпечать гарну працездатність системи.

Також необхідною умовою використання ВДЕ в якості систем електропостачання є необхідність застосування загальних систем енергозбереження для зменшення загального споживання електроенергії молочно-товарною фермою.

Визначення показників надійності та їх значення загалом проводять з аналізу показників, що характеризують величину готовності електрообладнання, його технічне застосування та параметр відмов. Іншим доволі важливим параметром є ймовірність коректної роботи без виникнення відмов.

Для аналізу показників надійності необхідною умовою є визначення стану роботи електрообладнання. При цьому електрообладнання може знаходитись в режимі повної відмови або її часткового значення. Також електрообладнання може бути в режимі ремонту. При цьому важливо в кінцевому результаті вийти на найбільш продуктивний режим – повністю справний.

Для визначення показників надійності використовують наступну методику, що розглянута нижче. Величина коефіцієнту готовності певного обладнання використовують рівняння:

$$K_r = (P_0 + \sum P_2) \cdot (1 - P_3) \quad (2.10)$$

Технічне використання обладнання характеризується коефіцієнтом, що розраховується з рівняння:

$$K_{ТВ} = P_0 + \sum P_2 \quad (2.11)$$

Коефіцієнт врахування часткових відмов електрообладнання визначається з рівняння:

$$K_{чв} = 1 - (1 - P_3 - P_1) \cdot \sum P_2 \quad (2.12)$$

Проведення загального аналізу потребує використання комплексу показників та параметрів проведення аналізу. При цьому наведена методика дозволяє провести аналіз як систем електропостачання так і систем енергозбереження молочно-товарної ферми.

При цьому, для подальшого аналізу виконують визначення ефективності обладнання з економічної точки зору. Для аналізу завжди обирається найбільш економічний варіант в порівнянні з іншими. При цьому доволі широко для аналізу використовується рівняння:

$$B = B_{\text{вир}} + B_{\text{зк}} \quad (2.13)$$

де $B_{\text{вир}}$ – частка виробничих витрат від загальних витрат на експлуатацію, грн/рік;

$B_{\text{зк}}$ – частка екологічних витрат від загальних експлуатаційних витрат, грн/рік.

Кінцевим параметром оцінки різних варіантів з точки зору економічної оцінки та вибору кінцевого варіанту є визначення економічного ефекту та відповідного терміну окупності кожного варіанту.

Для розрахунку економічного ефекту користуються рівнянням:

$$\Delta B = \Delta B_{\text{вир}} - \Delta B_{\text{екол}} \quad (2.14)$$

де $\Delta B_{\text{вир}}$ – величина економічного ефекту за рік, що враховує виробничі витрати, грн/рік;

$\Delta B_{\text{екол}}$ – величина економічного ефекту за рік, що враховує екологічні витрати, грн/рік.

Відповідно терміни оцінки окупності визначаються з рівняння:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K}{\Delta B \cdot 8760} \quad (2.15)$$

де K – величина вкладених коштів в проект, грн.

Оцінку терміну окупності виконують за найменшим значенням параметру. При цьому величину капіталовкладень рідко беруть до уваги. Необхідно зазначити, що загальну оцінку ефективності виконують з врахуванням всіх виробничих та економічних оцінок, а отже повинна проводитись комплексним параметром.

Висновки до розділу

Проведена оцінка особливостей використання сонячних електростанцій в регіоні показує певного роду складність в їх реалізації. Першочергово основною складністю в реалізації проекту є низька ефективність використання ВДЕ, а також складність регіону в плані великої кількості рослинності та відповідно затінення. Також складністю є і визначення рівня споживання електроенергії молочно-товарною фермою через невизначеність параметрів, особливо черговість зміни способу утримання тварин. Відповідно до цього основним параметром для орієнтування в визначенні споживання електричної енергії молочно-товарною фермою залишається певне середнє або навіть максимальне значення, що характеризується закритим способом утримання тварин.

3 РЕАЛІЗАЦІЯ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ НА МОЛОЧНО-ТОВАРНІЙ ФЕРМІ ПІДПРИЄМСТВА

3.1 Особливості встановлення сонячних панелей на будівлях молочно-товарної ферми

Перш ніж проводити аналіз особливостей розміщення сонячних панелей на будівлі молочно-товарної ферми необхідно провести короткий аналіз облаштування ферми. Відповідно до цього загальний вигляд типової будівлі молочно-товарної ферми наведено на рисунку 3.1.



Рисунок 3.1 – загальний вигляд будівлі молочно-товарної ферми

На рисунку 3.1 наведено типовий вигляд будівлі молочно-товарної ферми та відповідно приміщення для утримання тварин. В ТОВ «Контакт-Плюс» будівлі корівника виконані з цегли зі скатними дахами. При цьому використовується доволі велика кількість додаткового обладнання, що розміщується на даху. Це різного роду повітряні шахти, вентиляційні установки, козирьки та ін. Все це зумовлює певне обмеження в розміщенні сонячних панелей на даху, а також сприяє затіненню сонячних панелей в залежності від пори року.

Оскільки регіон характеризується значною рослинністю то можна спостерігати і відповідне затінення панелей на дахах корівника і від дерев.

Іншою особливістю молочно-товарної ферми є розміщення поблизу зони утримання тварин доїльного залу, де двічі на добу виконується доїння корів

відповідно до графіку, що наведений в попередніх розділах. Також з приміщення доїльного залу є перехід в приміщення первинної обробки молока. Загальний вигляд доїльного залу та приміщення для первинної обробки молока наведено на рисунку 3.2.



Рисунок 3.2 – Загальний вигляд доїльного залу та приміщення первинної обробки молока з охолоджувачами

В приміщенні молочно-товарної ферми розміщується також і електрощитова, де можна виконати розміщення основного обладнання сонячної електростанції, а також розмістити акумулятори.

Відповідно до проведеного аналізу пропонується виконати розміщення сонячних панелей на даху будівлі корівника з врахуванням кута 60° . Все додаткове обладнання та акумулятори пропонується розмістити в існуючому приміщенні електрощитової. Приклад розміщення сонячних панелей на даху корівника наведено на рисунку 3.3.



Рисунок 3.3 – Приклад розміщення сонячних панелей на будівлі молочно-товарної ферми

Врахування довжини та габаритних розмірів корівника, розмістити на ньому можна доволі велику кількість сонячних панелей. При цьому необхідно враховувати вищенаведені особливості дахів молочно-товарної ферми.

3.2 Визначення загальної потужності сонячної електростанції для молочно-товарної ферми ТОВ «Контакт-Плюс»

Відповідно до проведеного аналізу необхідною умовою є визначення загальних параметрів сонячної електростанції для живлення всіх технологічних процесів на молочно-товарній фермі.

Для розрахунку сонячної електростанції молочно-товарної ферми необхідно використовувати дані добового споживання та величини інсоляції, наведеної для смт Вороніж.

Виходячи з того, що найбільш критичним технологічним процесом на молочно-товарній фермі є охолодження молока то пропонується використовувати сонячну електростанцію гібридного типу. Дана тип сонячної електростанції дозволяє проводити накопичення електроенергії в денний час, з подальшим її використанням в нічний час.

Основними даними для проведення розрахунку сонячної електростанції для молочно-товарної ферми є:

1. Споживання електроенергії на фермі. Для розрахунку пропонується обрати середній діапазон споживання електроенергії для максимального поголів'я 500 голів. Відповідно добове значення споживання обираємо на рівні 1000 кВт·год/добу. Відповідно річне значення складає 365000 кВт·год/рік.

2. Значення мінімальної інсоляції. Для Шосткінського району мінімальне значення інсоляції спостерігається грудні. При цьому беремо значення інсоляції з врахуванням оптимального кута нахилу сонячних панелей, що становить 1,4 кВт·год/м².

3. Значення максимальної інсоляції. Відповідно максимальна інсоляція Шосткінського району спостерігається в літні місяці. Для аналізу обираємо

значення $5,34 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$, що визначається для оптимально нахиленої поверхні панелі. Дане значення інсоляції спостерігається в червні та липні.

Розглянувши вихідні дані для проведення розрахунку можемо визначити основні параметри сонячної електростанції. Як зазначалось розрахунок сонячної електростанції проводимо для зимового періоду з врахуванням місяця з мінімальною сонячною інсоляцією в регіоні.

Першочергово необхідно виконати розрахунок необхідного значення потужності сонячної електростанції. Для розрахунку використовуємо наступне рівняння:

$$P_{\text{панелей}} = \frac{E_{\text{доб}} \cdot K_{\text{зап}}}{\eta_{\text{заг}} \cdot H_{\text{min}}} \quad (3.1)$$

де $E_{\text{доб}}$ – необхідне значення добового виробітку електроенергії, кВт·год;

$K_{\text{зап}}$ – коефіцієнт запасу, який враховує деградацію, забруднення панелей та втрату в кабелях;

$\eta_{\text{заг}}$ – загальне значення ККД електростанції з врахуванням інвертора та всіх втрат;

H_{min} – мінімальне значення сонячної інсоляції регіону.

$$P_{\text{панелей}} = \frac{1000 \cdot 1,3}{0,85 \cdot 1,4} = 1092,44 \text{ кВт}$$

Отримане значення необхідно округлити і в результаті отримуємо необхідну потужність сонячної електростанції 1,1 МВт для ефективного забезпечення технологічних процесів на молочно-товарній фермі в розрахунку для зимового періоду.

Наступним параметром сонячної електростанції є розрахунок системи акумулявання електроенергії. Система акумуляторів призначена для забезпечення безперебійності в роботі всього холодильного обладнання,

забезпечення доїння корів в періоди відсутності інсоляції та роботи іншого обладнання в темну пору доби.

Для початку необхідно провести визначення добового споживання в темний період доби. Для розрахунку оберемо, що темний період доби (8 годин з 20:00 до 4:00) споживається близько 30 % від загальної величини добової електроенергії. Відповідно кількість електричної енергії, що споживається в даний період складає:

$$1000 \cdot 0,3 = 300 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Відповідно в нічний час доби на молочно-товарній фермі споживається 300 кВт·год електричної енергії.

Наступним кроком проводимо визначення необхідної ємності акумуляторної батареї. В розрахунках акумуляторів приймаємо, що акумулятор повинен забезпечувати мінімум 1 добу автономності молочно-товарної ферми. Це необхідно для вирішення питання відсутності електропостачання в результаті можливих обстрілів енергетичної інфраструктури Сумської області.

Розрахунок ємності акумуляторів виконуємо з використанням рівняння:

$$C_{\text{АКБ}} = \frac{E_{\text{ніч}}}{DOD_{\text{max}}} K_{\text{авт}} \quad (3.2)$$

де DOD_{max} – максимальне значення глибини розряду акумулятора, %;

$K_{\text{авт}}$ – коефіцієнт врахування автономності системи;

Для забезпечення системи акумуляування електроенергії на молочно-товарній фермі пропонується обрати літєві акумулятори LiFePO₄. Також пропонується забезпечити автономність молочно-товарної ферми протягом 1,5 доби. Відповідно до даних отримаємо значення:

$$C_{\text{АКБ}} = \frac{300}{0,8} 1,5 = 562,5 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Відповідно до розрахункового значення необхідна ємність акумуляторних батарей становить 570 кВт·год.

Загальний розрахунок та особливості розрахунку сонячної електростанції зведемо до таблиці 3.1

Таблиця 3.1 – Результати розрахунку сонячної електростанції

Параметр	Значення	Особливості розрахунку параметру
Необхідне значення річної генерації	365000 кВт·год/рік	Параметр визначено виходячи з 1000 кВт·год/добу
Встановлене значення потужності сонячної електростанції	1,1 МВт	Параметр визначено для мінімального значення інсоляції. Значення інсоляції становить 1,4 кВт·год/м ²
Ємність системи акумулявання електроенергії	570 кВт·год	Параметр визначено в розрахунку 1,5 доби автономності за умови критичного значення навантаження молочно-товарної ферми
Орієнтовний річний виробіток електроенергії	200-1500 тис. кВт·год	Надлишок виробленої електроенергії в літні місяці може бути проданий в мережу відповідно до величини «зеленого» тарифу. В зимові місяці вся кількість виробленої електроенергії споживається обладнанням молочно-товарної ферми.

Як видно з зведених даних маємо певну особливість використання сонячної електростанції протягом року. При цьому в літні місяці електричну енергію можна продати в електричну мережу за «зеленим» тарифом або відповідно перерозподілити на інші технологічні процеси ТОВ «Контакт-Плюс».

Відповідно до цього необхідно виконати розрахунок орієнтовного значення виробленої електроенергії по місяцях року. Для проведення розрахунку використаємо рівняння:

$$E_{\text{міс}} = P_{\text{пан}} \cdot N_{\text{опт}} \cdot D \cdot PR \quad (3.3)$$

де PR – оптимальне значення коефіцієнту ефективності загальної системи;

$N_{\text{опт}}$ – середнє значення інсоляції регіону, кВт·год/м².

Для проведення розрахунку використаємо середнє значення інсоляції Шосткінського району в розрахунку на оптимально нахилено сонячну панель.

Отримані данні зводимо до таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Розрахунок виробітку електричної енергії по місяцям року

Місяць року	Середнє значення інсоляції на оптимально нахилену панель H_{opt} , кВт·год/м ²	Кількість днів в місяці D , днів	Очікуване значення виробітку електроенергії $E_{міс}$, кВт·год/місяць
Січень	1,45	31	38 506
Лютий	2,25	28	53 802
Березень	3,70	31	103 794
Квітень	4,70	30	120 954
Травень	5,20	31	138 521
Червень	5,50	30	141 570
Липень	5,50	31	146 311
Серпень	5,00	31	132 990
Вересень	4,10	30	105 714
Жовтень	2,70	31	72 130
Листопад	1,60	30	41 184
Грудень	1,25	31	33 297
Разом за рік		365	1 181 733

Як видно з даних таблиці 3.2 виробіток електроенергії з березня по вересень є доволі суттєвий, при цьому в зимові місяці він дуже низький. Виходячи з цього в період збору врожаю та інші періоди можна використовувати надлишок електричної енергії від сонячної електростанції для виконання інших технологічних процесів. При цьому можна навіть виконати власну мережу по території господарства для роботи різного обладнання від даної сонячної електростанції.

3.3 Вибір обладнання для сонячної електростанції

В результаті розрахунку на ми отримано потужність сонячної електростанції 1,1 МВт, що дозволить забезпечити виконання всіх технологічних процесів на молочно товарній фермі, де утримується до 500 голів. При цьому ємність акумуляторів обрана 570 кВт·год. Основною особливістю даної сонячної електростанції є забезпечення автономності в зимові періоди року до 1,5 доби.

Відповідно до наведених даних виконаємо вибір всього необхідного обладнання сонячної електростанції для використання його в молочно-товарній фермі ТОВ «Контакт-Плюс» Шосткінського району Сумської області.

Вибір сонячних панелей. Першочергово необхідно вибрати тип кристалів сонячної панелі. Відповідно до проведеного аналізу пропонується обрати монокристалічні панелі, що мають високі коефіцієнти ефективності. Пропонуємо зупинитись на виборі панелі типу – Longi Solar 610 W LR5-54НН Black Frame.

Дані панелі мають потужність 610 Вт та ККД – 21,5 %. Оскільки клімат району доволі складний то необхідно враховувати і особливості можливої літньої спеки. Ця характеристика враховується гарними показниками температурного коефіцієнту потужності, який для обраних панелей становить 0,32 %.

Наступним кроком необхідно виконати розрахунок необхідної кількості сонячних панелей, для забезпечення потужності сонячної панелі. Розрахунок проводимо за формулою:

$$K_{\text{пан}} = \frac{P_{\text{вст}}}{P_{1\text{пан}}} \quad (3.4)$$

де $P_{\text{вст}}$ – значення встановленої потужності сонячної електростанції, кВт;

$P_{1\text{пан}}$ – потужність однієї панелі, кВт.

$$K_{\text{пан}} = \frac{1000}{0,610} = 1639 \text{шт}$$

Відповідно до розрахунку, для забезпечення потужності сонячної електростанції необхідно 1639 шт. панелей. При цьому значенні кількості панелей сонячна електростанція забезпечить необхідні умови роботи молочно-товарної ферми.

Вибір інвертора. Вибір інвертора такої потужної електростанції є дещо проблемним питанням. Оскільки один інвертор не здатний забезпечити відповідну потужність.

Для даної електростанції можна використовувати комбінацію гібридних та мережевих інверторів. При цьому якщо враховувати потужність, кількість

панелей та відповідно їх розміщення то за умови 200 кВт інверторів їх потрібна кількість складає 5 шт. Відповідно до цього можна обрати однотипні гібридні інвертори від фірми Deye – ESS Deye 200. Даний інвертор є фактично промисловим гібридним інвертором для потужних рішень в сонячній енергетиці.

При цьому обраний інвертор повністю ефективно працює з будь-якими акумуляторами, з можливістю контролю їх заряду, а отже окремий контролер для керування зарядом акумулятором не потрібен.

Вибір акумуляторів. Для запроєктованої сонячної електростанції пропонується обрати найбільш довговічна та найбезпечнішу технологію – літій-залізо-фосфатні акумулятори. Необхідною умовою ефективного роботи акумуляторів є глибина його розряду в межах 80-90 %.

Вибір робимо на користь модульного накопичувача електроенергії контейнерного типу – ESS NARADA.

Виконаний вибір обладнання виконано в розрахунок забезпечення безперервності роботи 1,5 доби за відсутності електропостачання з мережі. При цьому розрахунок та вибір обладнання було виконано на максимально несприятливий місяць за рівнем сонячної інсоляції в регіоні. За необхідності можна змінювати умови використання та призначення сонячної електростанції та виконувати її значно меншої потужності, що забезпечить значно менші вимоги до технологічних процесів.

Необхідно зауважити, що від сонячної електростанції можна виконати живлення наприклад лише холодильного обладнання або врахувати сюди і можливість доїння корів. При цьому знизиться кількість спожитої електроенергії і відповідно необхідна потужність сонячної електростанції.

В додатках до дипломної роботи наведено особливості розрахунку сонячних електростанцій з меншими потужностями, що також можна використовувати в якості джерела ВДЕ для забезпечення електропостачання молочно-товарної ферми. Також в додатках наведено варіант використання гібридної сонячної електростанції з можливістю часткового заряджання акумуляторів від мережі електропостачання. В кінцевому випадку вибір

особливостей використання сонячної електростанції залишається за споживачем.

Розрахунки всіх інших варіантів сонячних електростанцій проводились за вищенаведеною методикою.

Висновки до розділу

Проведений розрахунок сонячної електростанції для умови використання в ТОВ «Контакт-Плюс» та забезпечення його основних технологічних процесів потребує використання доволі потужної електростанції. При цьому в розрахунок бралась можливість забезпечення необхідною кількістю електроенергії повного циклу всіх технологічних операцій молочно-товарної ферми протягом 1,5 доби. Також в розрахунок закладалась можливість забезпечення електроенергією в зимові місяці з найменшою кількістю інсоляції в регіон.

Необхідно зазначити, що розрахунок сонячної електростанції виконано на максимально можливі параметри. При цьому дані параметри сонячної електростанції можна змінювати в залежності від потреб та використовувати значно менші потужності.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

Сільське господарство є доволі складним при організації заходів охорони праці. Оскільки нами розглядається саме тваринництво то пропонується провести аналіз основних заходів саме в даному напрямку. При цьому пропонується врахувати особливість побудови потужної сонячної електростанції для молочно-товарної ферми ТОВ «Контакт-Плюс» Шосткінського району.

Першочергово необхідно провести аналіз основних небезпек, що виникає в галузі тваринництва з поєднанням роботи сонячної електростанції значної потужності.

Основними небезпечними факторами в тваринництві з точки зору охорони праці є високий рівень шкідливих речовин, що пов'язані гноєвидаленням, вібрації при роботі різноманітного обладнання та високий рівень шуму, використання різноманітних хімічних засобів, мікробіологічні ризики пов'язані з інфекційними захворюваннями тварин, пожежна небезпека від використання сухих кормів та підстилки а також некомфортні умови праці для працівника пов'язані з вологістю, температурою та високою кількістю слизьких поверхонь.

Необхідно також зазначити, що при роботі більшості обладнання на фермі, що має електроприводи, необхідно дотримуватись заходів електробезпеки. При використанні в безпосередній близькості потужної електростанції дана небезпека значно зростає, оскільки значно зростає потужність електрообладнання.

Відповідно до цього, для зменшення рівня виробничого травматизму необхідно провести ряд заходів організаційного, навчального та технічного спрямування.

На ТОВ «Контакт-Плюс» є спеціальний відділ охорони праці, що проводить всі типи заходів для зменшення виробничого травматизму. При цьому відповідно до плану організаційних заходів проводиться оцінка ризиків на виробництві на основі яких розробляються інструкції з охорони праці та розробляються плани дій при виникненні небезпечних ситуацій. На кожному

структурному підрозділі підприємства ведуться відповідні журнали з техніки безпеки для реєстрації інструктажів.

При виконанні всіх технологічних операцій на підприємстві проводяться навчання з техніки безпеки та різноманітні інструктажі. також навчання проводяться з надання першої медичної допомоги та періодичні практичні навчання з евакуації при пожежах чи інших нестандартних ситуаціях.

Серед технічних заходів на виробництві проводяться заходи з організації безпеки руху та виконання транспортних робіт. Також проводяться навчання з електробезпеки та інше.

При врахуванні побудови сонячної електростанції великої потужності необхідно введення в штат працівників електротехнічної служби з відповідною кількістю та штатом, що здатні забезпечувати працездатність подібних електростанцій.

Необхідно зазначити, що однією з особливостей є те, що всі працівники підприємства повинні бути повністю забезпечені засобами індивідуального захисту та спецодягом.

Не менш важливим заходом з охорони праці є забезпечення планування роботи працівників. Також доволі важливим фактором є зменшення частки ручної праці при проведенні різноманітних робіт на виробництві. Також не менш важливим фактором є дотримання вимог виробничої санітарії на підприємстві.

Висновки до розділу

Проведений аналіз показує, що галузь тваринництва поєднана з забезпеченням електроенергії технологічних процесів від джерел ВДЕ підвищує кількість небезпечних факторів на виробництві. Відповідно до цього основною необхідною умовою забезпечення належного рівня охорони праці є суворе дотримання всіх заходів охорони праці, виробничої санітарії та електробезпеки. Всі наведені заходи з охорони праці потребують суворого дотримання задля уникнення виробничого травматизму з можливістю летальних наслідків.

5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

Для проведення розрахунку техніко-економічних показників запропонованої сонячної електростанції з потужністю 1,1 МВт з можливістю забезпечення автономної роботи молочно-товарної ферми протягом 1,5 доби пропонується виконати за умови можливості продажу електроенергії відповідно до «зеленого» тарифу. При цьому пропонується врахувати повну відсутність споживання електроенергії з мережі для забезпечення технологічних процесів ТОВ «Контакт-Плюс».

В техніко-економічну оцінку запропонованих рішень також закладено підвищення рівня якості отриманої продукції.

Відповідно до цього, основні дані для техніко-економічного розрахунку нами зведено до таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Вихідні дані до техніко-економічного розрахунку

Параметр	Значення	Особливості показника
Встановлена потужність	1000 кВт	Відповідно до розрахованих даних
Річне споживання електроенергії молочно-товарною фермою	365 000 кВт·год	Відповідно до розрахованих даних
Річний виробіток електроенергії	1 181 733 кВт·год	Відповідно до розрахованих даних
Ціна покупки електроенергії з мережі	11,9 грн/кВт·год	З даних по господарстві
Ціна продажу електроенергії за «зеленим тарифом»	4,5 грн/кВт·год	З даних тарифів на «зелену» енергію від сонячних електростанцій

Відповідно до наведених даних пропонується провести визначення загального економічного ефекту, який складається з певних джерел доходу. Розрахунок економічного ефекту пропонується виконати в вигляді таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Розрахунок загального економічного ефекту

Джерело доходу	Особливості розрахунку	Значення, грн/рік
Дохід від продажу надлишку електричної енергії за «зеленим» тарифом	$709124 \text{ кВт}\cdot\text{год} \times 4,50 \text{ грн/кВт}\cdot\text{год}$	3191058
Очікуваний ефект від підвищення якості молочної продукції		18250
Загальний річний економічний ефект		3209308

Визначення основних капіталовкладень в побудову потужної сонячної електростанції пропонується виконати в вигляді таблиці 5.3. При цьому в розрахунок береться вартість обладнання в розрахунку на певну потужність обладнання, що враховує виконання монтажних-налагоджувальних робіт.

Таблиця 5.3 – Визначення основних капіталовкладень проекту

Компонент сонячної електростанції	Розрахунок	Вартість, грн
Загальна сонячна електростанція з інверторами	1000 кВт × 20000 грн/кВт	200000000
Модульний накопичувач електроенергії контейнерного типу	570 кВт·год × 24000 грн/кВт·год	13680000
Загальна сума капіталовкладень		33680000

Відповідно до отриманих даних пропонується виконати розрахунок загального терміну окупності побудови сонячної електростанції для повного забезпечення технологічних процесів ТОВ «Контакт-Плюс». Відповідно до цього пропонується використати вираз:

$$T_{\text{окуп}} = \frac{K}{E_{\text{рік}}} \quad (5.1)$$

$$T_{\text{окуп}} = \frac{33680000}{3209308} = 10,5 \text{ роки}$$

Відповідно до отриманих даних термін окупності становить 10,5 років. Ця особливість пояснюється великою потужністю сонячної електростанції, що дозволяє повністю забезпечити електроенергією технологічні процеси молочно-товарної ферми та в літні періоди року забезпечити продаж електричної енергії в мережу відповідно до зеленого тарифу.

За умови побудови сонячних електростанцій меншої потужності терміни окупності будуть зростати адже в зимовий період часу така електростанція не дозволить забезпечити повну відмову від закупівлі електроенергії з мережі.

При цьому можливий вибір більш дешевого обладнання та з меншою його кількістю, що також значно зменшить вартість та потужність сонячної електростанції. Необхідно також зазначити, що за умови використання сонячної

електростанції такої потужності в смт Вороніж в літні періоди часу можливе майже повне забезпечення споживачів населеного пункту електричною енергією. При цьому для побудови подібної електростанції можна залучати додатково кошти з різних фондів смт Вороніж.

В додатках до дипломного проекту наведено економічні розрахунки сонячних електростанцій інших потужностей, що пропонуються до розгляду для підприємства.

Розрахунки економічних показників для всіх інших варіантів електростанцій проводились за методикою наведеною вище.

Висновки до розділу

Враховуючи всі особливості використання сонячної електростанції великої потужності, що здатна забезпечити електроенергією технологічні процеси молочно-товарної ферми ТОВ «Контакт-Плюс» маємо доволі гарні показники використання та терміну окупності. Зважаючи на значну вартість обладнання та високе загальне значення вартості сонячної електростанції загалом побудова такої сонячної електростанції є виправданим рішенням для регіону.

Зменшення потужності сонячної електростанції призведе до зменшення виробітку електроенергії в зимовий період року, а отже не дасть можливості повного забезпечення електроенергією технологічних процесів на підприємстві.

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

1. Молочно-товарна ферма є доволі специфічним та складним споживачем електроенергії, що має доволі нестабільне споживання протягом доби. Основною особливістю, є те, що споживання електроенергії відбувається саме в ранкові та вечірні періоди. Всі ВДЕ мають значну специфіку роботи, що може значно обмежити їх використання. З проведеного аналізу можна зробити висновок, що найбільш ефективними є сонячні електростанції та біогазові установки. При цьому основним обмеженням використання біогазових установок є необхідність великих обсягів гною, а отже вони ефективні для великих тваринницьких комплексів.

2. Проведена оцінка особливостей використання сонячних електростанцій в регіоні показує певного роду складність в їх реалізації. Першочерговою складністю в реалізації проекту є низька ефективність використання ВДЕ, а також складність регіону в плані великої кількості рослинності та відповідно затінення. Також складністю є і визначення рівня споживання електроенергії молочно-товарною фермою через невизначеність параметрів, особливо черговість зміни способу утримання тварин. Відповідно до цього основним параметром для орієнтування в визначенні споживання електричної енергії молочно-товарною фермою залишається певне середнє або навіть максимальне значення, що характеризується закритим способом утримання тварин.

3. Проведений розрахунок сонячної електростанції для умови використання в ТОВ «Контакт-Плюс» та забезпечення його основних технологічних процесів потребує використання доволі потужної електростанції. При цьому в розрахунок бралась можливість забезпечення необхідною кількістю електроенергії повного циклу всіх технологічних операцій молочно-товарної ферми протягом 1,5 доби. Також в розрахунок закладалась можливість забезпечення електроенергією в зимові місяці з найменшою кількістю інсоляції в регіон.

Необхідно зазначити, що розрахунок сонячної електростанції виконано на максимальні можливі параметри. При цьому дані параметри сонячної електростанції можна змінювати в залежності від потреб та використовувати значно менші потужності.

4. Проведений аналіз показує, що галузь тваринництва поєднана з забезпеченням електроенергії технологічних процесів від джерел ВДЕ підвищує кількість небезпечних факторів на виробництві. Відповідно до цього основною необхідною умовою забезпечення належного рівня охорони праці є суворе дотримання всіх заходів охорони праці, виробничої санітарії та електробезпеки. Всі наведені заходи з охорони праці потребують суворого дотримання задля уникнення виробничого травматизму з можливістю летальних наслідків.

5. Враховуючи всі особливості використання сонячної електростанції великої потужності, що здатна забезпечити електроенергією технологічні процеси молочно-товарної ферми ТОВ «Контакт-Плюс» маємо доволі гарні показники використання та терміну окупності. Зважаючи на значну вартість обладнання та високе загальне значення вартості сонячної електростанції загалом побудова такої сонячної електростанції є виправданим рішенням для регіону.

Зменшення потужності сонячної електростанції призведе до зменшення виробітку електроенергії в зимовий період року, а отже не дасть можливості повного забезпечення електроенергією технологічних процесів на підприємстві.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. N. Shakhovska, M. Medykovskyy, R. Melnyk та N. Kryvinska, «Optimization of the Active Composition of the Wind Farm Using Genetic Algorithms,» Tech Science Press (TSP), т. 69, № 3, pp. 3065-3078, 2021.
2. M. Medykovskyy та R. Melnyk, «Modeling of the energy-dynamic modes of the wind farm with the battery energy storage system (BESS),» Journal of Computational Problems of Electrical Engineering, т. 11, № 1, 2021.
3. М. Медиковський, Р. Мельник та М. Дубчак, «Нейромережевий метод визначення активного складу вітрової електричної станції,» Вісник Національного університету «Львівська політехніка» «Інформаційні системи та мережі», т. 8, р. 55 – 64, 2020.
4. M. Medykovskyy та R. Melnyk, «Processing of data on the intensity of solar radiation for solar power plant management systems,» Econtechmod. An international quarterly journal, т. 7, № 3, pp. 33 - 38, 2019.
5. V. Kravchyshyn, M. Medykovskyy, R. Melnyk та M. Dilai, «Optimization of wind farm structure control,» Advances in Intelligent Systems and Computing CSIT, т. 689, pp. 320-333, 2018.
6. V. Kravchyshyn, M. Medykovskyy та R. Melnyk, «Modification of Dynamic Programming Method in Determining Active Composition of Wind Power Stations,» Computational problems of electrical engineering, № Vol. 6, pp. 83-90, 2019.
7. Р. Мельник, «Аналіз алгоритмів оцінювання ефективності сонячних електростанцій,» в 10 Міжнародна науково практична конференція «Нетрадиційні і поновлювальні джерела енергії як альтернатива первинним джерелам енергії в регіоні», м. Львів, Україна, 2019.
8. Г. Шмідт, А. Конеченков, М. Ільчук та М. Гріцишина, «Вітроенергетичний сектор України 2018. Огляд ринку,» Українська вітроенергетична асоціація, 2019.

9. С. Кудря, Л. Яценко та Г. Душина, Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних джерел енергії України, Київ: Інститут відновлюваної енергетики НАН України, 2018.
10. О. Кармазін, Балансова надійність електроенергетичних систем в умовах зростання частки відновлюваної енергетики. Автореферат, Київ: Національної академії наук України, 2019.
11. В. Павловський, Л. Лук'яненко, І. Гончаренко та А. Захаров, «Обмеження потужності відновлюваних джерел енергії за умови приєднання до електричної мережі,» Праці ІЕД НАНУ, № 43, pp. 18-23, 2016.
12. П. Лежнюк, В. Комар та С. Кравчук, Балансова надійність електричної мережі з фотоелектричними станціями: монографія, Вінниця: ВНТУ, 2018.
13. І. Щур та В. Климко, «Техніко-економічне обґрунтування параметрів гібридної вітро-сонячної системи для електропостачання окремого об'єкта. Електромеханічні і енергозберігаючі системи,» Електромеханічні і енергозберігаючі системи, № 2, pp. 92-100, 2018.
14. М. Кузнєцов, О. Лисенко та О. Мельник, «Особливості стохастичної оптимізації гібридних енергосистем на базі ВДЕ,» Відновлювана енергетика, № 2, pp. 6-15, 2018.
15. М. Кузнєцов та О. Лисенко, «Оцінка балансу потужності комбінованих енергосистем,» Відновлювана енергетика, № 4, pp. 6-14, 2018.
16. М. Стаднік, Д. Проценко та С. Бабій, «Гібридне електропостачання з 161 використанням відновлюваних джерел енергії,» Вісник Вінницького політехнічного інституту, № 4, pp. 32-41, 2020.
17. О. Болдирєв, А. Квицинський, М. Редін, М. Клопот та М. Головатюк, «Вимоги до вітрових та сонячних електростанцій при їх роботі паралельно з об'єднаною енергетичною системою України,» 2019. [Онлайновий]. Available: https://ua.energy/wp-content/uploads/2019/06/SOU-NEK-341.001_2019.pdf. [Дата звернення: 06.06.2021].

18. М. Кулик та О. Згуровець, «Можливості використання великих накопичувачів електроенергії для стабілізації частоти в об'єднаних енергосистемах з потужними сонячними електростанціями,» Відновлювана енергетика, № 3, р. 6–14, 2018.
19. А. Барило, М. Бенменні, В. Бурдюк, М. Бурдюк та П. Васько, Відроджувальні джерела енергії. Монографія, Київ, 2020.
20. В. Кравчишин, Інтелектуалізація управління комплексною системою генерації електричної енергії, Львів: Національний університет «Львівська політехніка», 2019.
21. О. Ємець та Л. Колечкіна, Ємець О.О. Задачі комбінаторної оптимізації з дробово-лінійними цільовими функціями: Монографія, Київ: Наук. думка., 2005.
22. М. Медиковский та О. Шуневич, «Виконання цілочисельного програмування для визначення складу вітрової електростанції,» Збірник 164 наукових праць Ін-ту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України, т. 57, рр. 230-233, 2017.
23. О. Шуневич, Інформаційна технологія формування динамічного складу вітрової електростанції, Львів: Національний університет «Львівська політехніка», 2019.
24. М. О. Medykovskyy, V. M. Teslyuk та О. В. Shunevych, «Optimization of wind power stations structure by the dynamic programming method,» Актуальні проблеми економіки, № 2, рр. 508-515, 2018.
25. А. Кожухівський та О. Намофілова, «Застосування генетичних алгоритмів у задачі про укладання ранця,» АСУ и приборы автоматики, № 173, рр. 43-47, 2015. 165
26. М. Кузнецов та О. Лисенко, «Можливості короткотермінового прогнозування сонячної енергії,» Відновлювана енергетика, № 1, рр. 25- 32, 2017.
27. М. Бик, С. Фроленкова, О. Букет та Г. Васильев, «Технічна електрохімія. Частина 2. Хімічні джерела струму,» КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ, 2018.

ДОДАТКИ

Додаток А

Особливості забезпечення технологічного процесу підприємства електроенергією в зимовий період з мінімальним значенням інсоляції

Таблиця А.1 – Визначення відсотку забезпечення мінімального значення добового споживання електроенергії на молочно-товарній фермі 550 кВт·год/добу за умови мінімальної сонячної інсоляції в зимовий період

Показник	Відсоток забезпечення технологічного процесу доїння ВРХ, %										
	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	5
Значення мінімальної інсоляції, кВт·год/м ²	1,4										
Добове споживання електроенергії, що забезпечується від сонячної електростанції, кВт·год	550	495	440	385	330	275	220	165	110	55	27,5
Значення потужності сонячної електростанції, кВт	600,84	540,76	480,67	420,59	360,50	300,42	240,34	180,25	120,17	60,08	30,04
Визначення необхідної ємності акумуляторів в розрахунку на кВт·год	1031,25	928,13	825	721,88	618,75	515,63	412,5	309,38	206,25	103,13	51,563
Прийняте значення ємності акумуляторів в розрахунку на кВт·год	1040	930	830	730	620	520	420	310	210	110	60
Орієнтовний виробіток електроенергії за місяць, кВт·год	21450	19305	17160	15015	12870	10725	8580	6435	4290	2145	1072,5
Необхідна кількість сонячних панелей для забезпечення рівня споживання електроенергії, шт	902	811	721	631	541	451	361	270	180	90	45
Техніко-економічне обґрунтування											
Річне споживання електроенергії молочно-товарною фермою, кВт·год/рік	200750										
Річний виробіток електроенергії сонячною електростанцією, кВт·год/рік	675470,7	607923,6	540376,6	472829,5	405282,4	337735,4	270188,3	-	-	-	-
Надлишок електричної енергії, кВт·год/рік	474720,7	407173,6	339626,3	272079,5	204532,4	136985,4	69438,3	-	-	-	-
Дохід від продажу надлишку електричної енергії за «зеленим» тарифом, грн	2136243,2	1832281,4	1528319,6	1224357,8	920395,9	616434,1	312472,3	-	-	-	-

Показник	Відсоток забезпечення технологічного процесу доїння ВРХ, %										
	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	5
Очікуваний ефект від підвищення якості молочної продукції, грн	18250										
Загальний річний економічний ефект, грн	2154493,2	1850531,4	1546569,6	1242607,8	938645,9	634684,1	330722,3	-	-	-	-
Загальна вартість сонячної електростанції з інверторами, тис. грн	11000	9900	8800	7700	6600	5500	4400	-	-	-	-
Вартість модульного накопичувача електроенергії контейнерного типу, тис. грн	24960	22320	19920	17520	14880	12480	10080	-	-	-	-
Загальна сума капіталовкладень, тис. грн	35960	32220	28720	25220	21480	17980	14480	-	-	-	-
Термін окупності, років	16,7	17,4	18,6	20,3	22,9	28,3	43,8	-	-	-	-

Таблиця А.2 – Визначення відсотку забезпечення середнього значення добового споживання електроенергії на молочно-товарній фермі 1000 кВт·год/добу за умови мінімальної сонячної інсоляції в зимовий період

Показник	Відсоток забезпечення технологічного процесу доїння ВРХ, %										
	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	5
Значення мінімальної інсоляції, кВт·год/м ²	1,4										
Добове споживання електроенергії, що забезпечується від сонячної електростанції, кВт·год	1000	900	800	700	600	500	400	300	200	100	50
Значення потужності сонячної електростанції, кВт	1092,44	983,19	873,95	764,71	655,46	546,22	436,97	327,73	218,49	109,24	54,62
Визначення необхідної ємності акумуляторів в розрахунку на кВт·год	1875	1687,5	1500	1312,5	1125	937,5	750	562,5	375	187,5	93,75
Прийняте значення ємності акумуляторів в розрахунку на кВт·год	1880	1690	1500	1220	1130	940	750	570	380	190	100
Орієнтовний виробіток електроенергії за місяць, кВт·год	39000	35100	31200	27300	23400	19500	15600	11700	7800	3900	1950
Необхідна кількість сонячних панелей для забезпечення рівня споживання електроенергії, шт	1639	1475	1311	1148	984	820	656	492	328	164	82
Техніко-економічне обґрунтування											
Річне споживання електроенергії молочно-товарною фермою, кВт·год/рік	365000										

Показник	Відсоток забезпечення технологічного процесу доїння ВРХ, %										
	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	5
Річний виробіток електроенергії сонячною електростанцією, кВт·год/рік	1228128,6	1105315,7	982502,9	859690	736877,1	614064,3	491251,4	-	-	-	-
Надлишок електричної енергії, кВт·год/рік	863128,6	740315,7	617502,9	494690,0	371877,1	249064,3	126251,4	-	-	-	-
Дохід від продажу надлишку електричної енергії за «зеленим» тарифом, грн	3884078,6	3331420,7	2778762,9	2226105,0	1673447,1	1120789,3	568131,4	-	-	-	-
Очікуваний ефект від підвищення якості молочної продукції, грн	18250										
Загальний річний економічний ефект, грн	3902328,6	3349670,7	2797012,9	2244355,0	1691697,1	1139039,3	586381,4	-	-	-	-
Загальна вартість сонячної електростанції з інверторами, тис. грн	20000	18000	16000	14000	12000	10000	8000	-	-	-	-
Вартість модульного накопичувача електроенергії контейнерного типу, тис. грн	45120	40560	36000	29280	27120	22560	18000	-	-	-	-
Загальна сума капіталовкладень, тис. грн	65120	58560	52000	43280	39120	32560	26000	-	-	-	-
Термін окупності, років	16,7	17,5	18,6	19,3	23,1	28,6	44,3	-	-	-	-

Таблиця А.3 – Визначення відсотку забезпечення середнього значення добового споживання електроенергії на молочно-товарній фермі 1370 кВт·год/добу за умови мінімальної сонячної інсоляції в зимовий період

Показник	Відсоток забезпечення технологічного процесу доїння ВРХ, %										
	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	5
Значення мінімальної інсоляції, кВт·год/м ²	1,4										
Добове споживання електроенергії, що забезпечується від сонячної електростанції, кВт·год	1370	1233	1096	959	822	685	548	411	274	137	68,5
Значення потужності сонячної електростанції, кВт	1496,64	1346,97	1197,31	1047,65	897,98	748,32	598,66	448,99	299,33	149,66	74,83
Визначення необхідної ємності акумуляторів в розрахунку на кВт·год	2568,75	2311,88	2055	1798,13	1541,3	1284,4	1027,5	770,63	513,75	256,88	128,44
Прийняте значення ємності акумуляторів в розрахунку на кВт·год	2570	2320	2060	1800	1550	1290	1030	780	520	260	130
Орієнтовний виробіток електроенергії за місяць, кВт·год	53430	48087	42744	37401	32058	26715	21372	16029	10686	5343	2671

Показник	Відсоток забезпечення технологічного процесу доїння ВРХ, %										
	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	5
Необхідна кількість сонячних панелей для забезпечення рівня споживання електроенергії, шт	2246	2021	1797	1572	1348	1123	898	674	449	225	112
Техніко-економічне обґрунтування											
Річне споживання електроенергії молочно-товарною фермою, кВт·год/рік	500050										
Річний виробіток електроенергії сонячною електростанцією, кВт·год/рік	1682536,1	1514282,5	1346028,9	1177775,3	1009521,7	841268,1	673014,5	-	-	-	-
Надлишок електричної енергії, кВт·год/рік	1182486,1	1014232,5	845978,9	677725,3	509471,7	341218,1	172964,5	-	-	-	-
Дохід від продажу надлишку електричної енергії за «зеленим» тарифом, грн	5321187,6	4564046,4	3806905,1	3049763,9	2292622,6	1535481,3	778340,1	-	-	-	-
Очікуваний ефект від підвищення якості молочної продукції, грн	18250										
Загальний річний економічний ефект, грн	5339437,6	4582296,4	38225155,1	3068013,9	2310872,6	1553731,3	796590,1	-	-	-	-
Загальна вартість сонячної електростанції з інверторами, тис. грн	27400	24660	21920	19180	16440	13700	10960	-	-	-	-
Вартість модульного накопичувача електроенергії контейнерного типу, тис. грн	61680	55680	48440	43200	37200	30960	24720	-	-	-	-
Загальна сума капіталовкладень, тис. грн	89080	80340	71360	62380	53640	44660	35680	-	-	-	-
Термін окупності, років	16,7	17,5	18,7	20,3	23,2	28,7	44,8	-	-	-	-